

BUSES A GAS NATURAL

**LA ALTERNATIVA
TECNOLOGICA PARA UN
TRANSPORTE PUBLICO
SUSTENTABLE EN LA
CIUDAD DE SANTIAGO**

Gianni López

CONAMA

Dirección Región Metropolitana



Inventario Emisiones 1997

	Veh_km (10 ⁶)	NA %	Rend. km/lt	Cons. 10 ⁶ L	PM10 ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	COV ton/año	SOx ton/año
AUC	3 074	24	11.1	277	31	9 199	763	2 314	126
AUNC	2 804	21	10.3	273	168	98 850	7 441	18 243	123
Particulares	5 878	45		550	199	108 049	8 204	20 557	249
Camiones	613	5	3.0	204	583	11 528	5 335	1 686	824
COMC	1 422	11	8.3	172	14	4 243	354	995	77
COMNC	1 573	12	8.3	190	261	55 517	4 167	8 806	289
Comerciales	2 995	23		361	275	59 760	4 521	9 800	366
TC	2 271	17	11.1	205	23	6 765	564	1 369	93
TNC	525	4	10.3	51	31	18 863	1 383	2 526	23
Taxis	2 795	21		256	54	25 628	1 947	3 895	116
BUS A	271	2	3.6	75	488	2 165	1 555	382	304
BUS B	294	2	3.6	82	312	1 053	1 810	550	330
BUS C	200	2	3.6	56	128	549	1 344	198	224
Buses	765	6		213	928	3 767	4 709	1 131	858
Gran Stgo	13 047	100			2 039	208 733	24 717	37 069	2 414

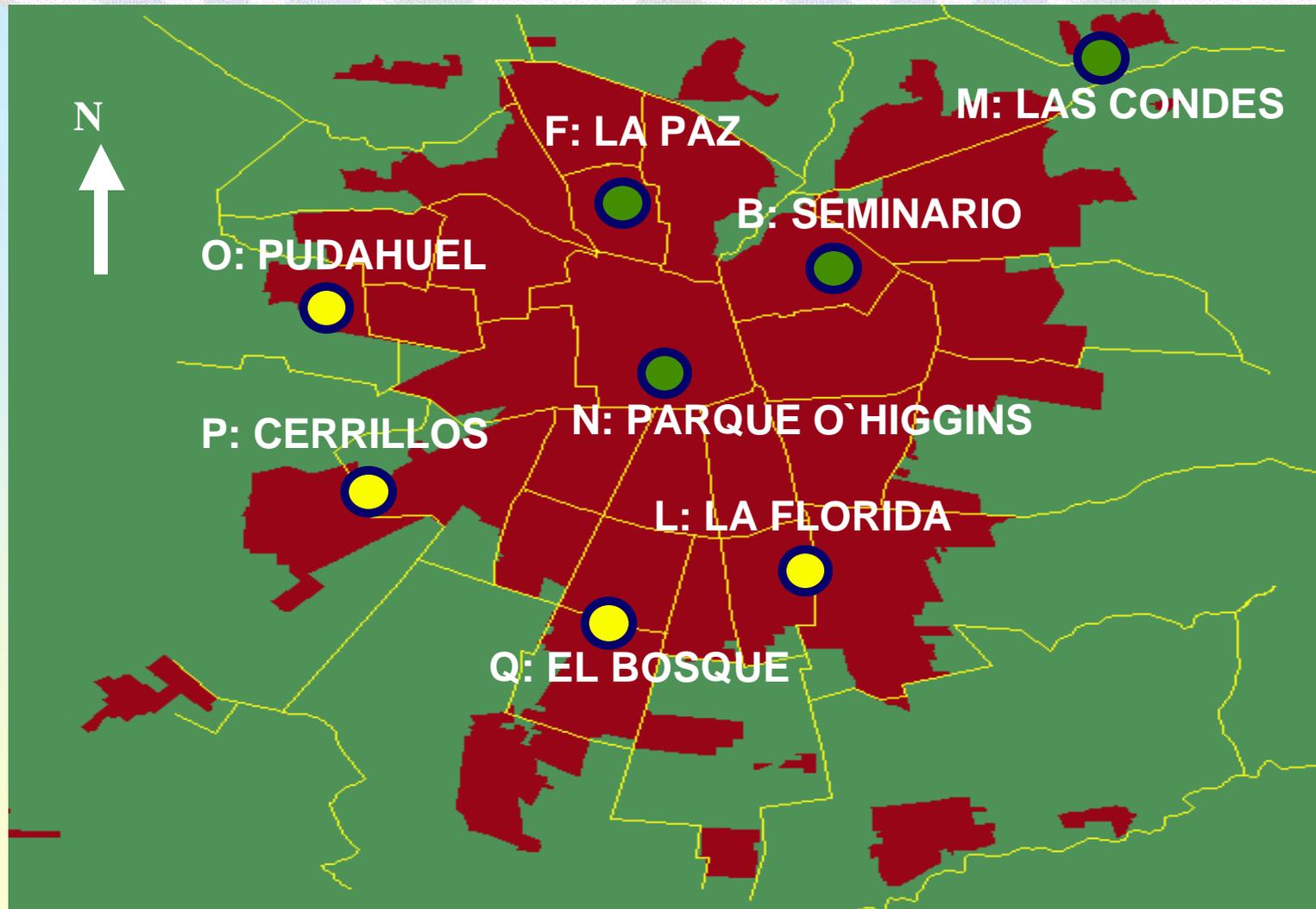


Evolución de la Calidad del Aire

En la región
Metropolitana



Red de monitoreo de contaminantes



 Estaciones nuevas
1997 -->

 Estaciones históricas
1989 -->

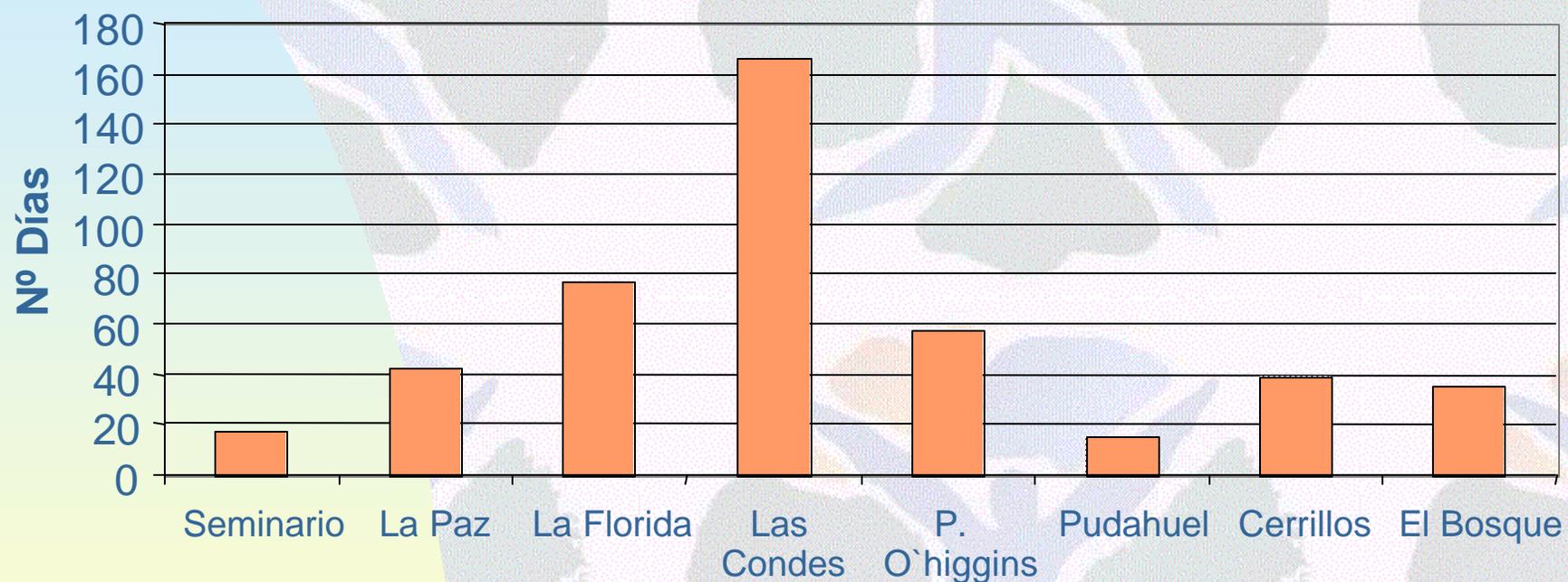


Ozono 1998

y tendencias

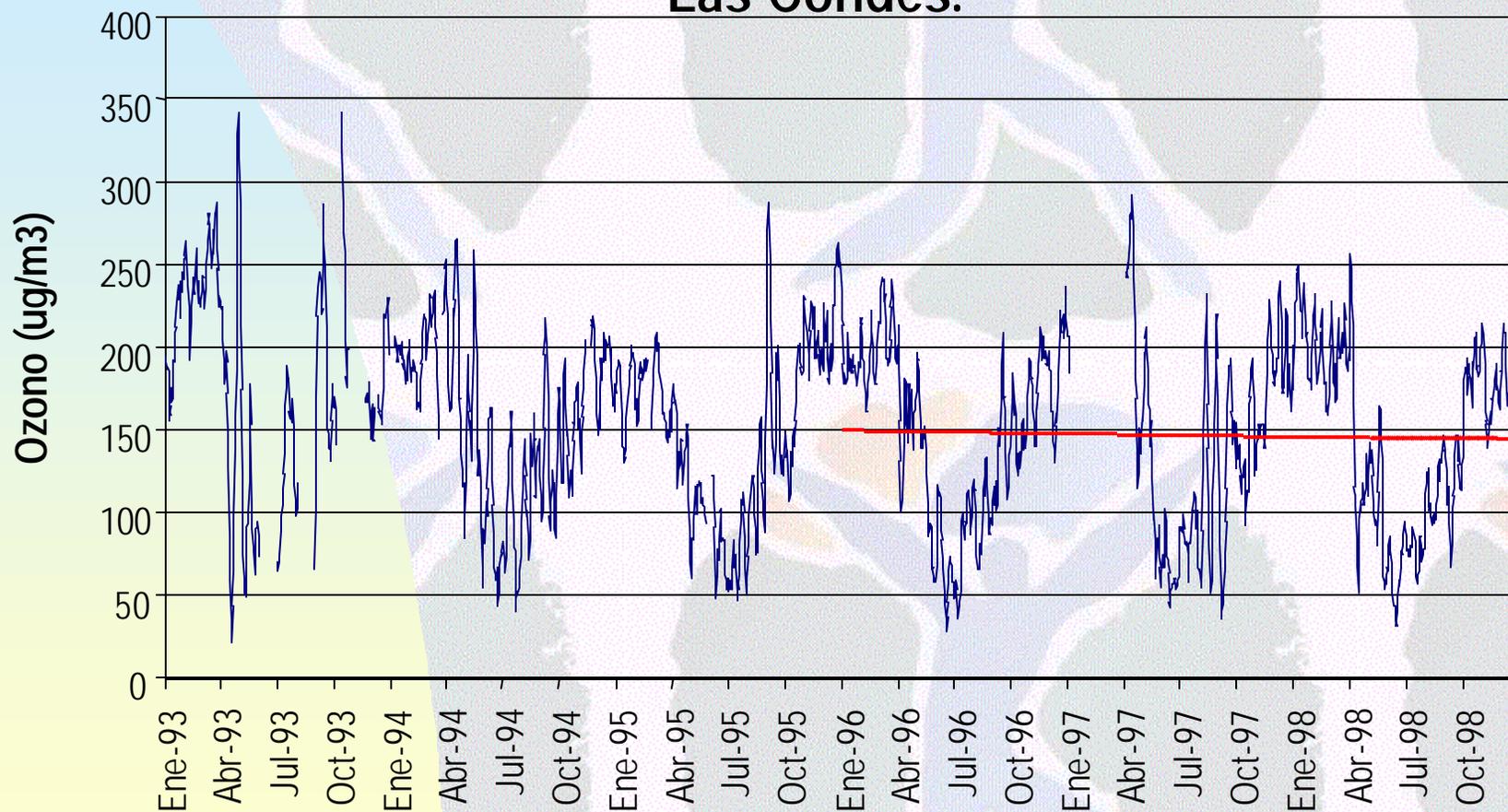


Ozono 1998: Número de días sobre norma.



Tendencias 1993-1998

Ozono: promedios móviles 7 días, máximos diarios.
Las Condes.



PM 10 Fracciones Fina y Gruesa 1998

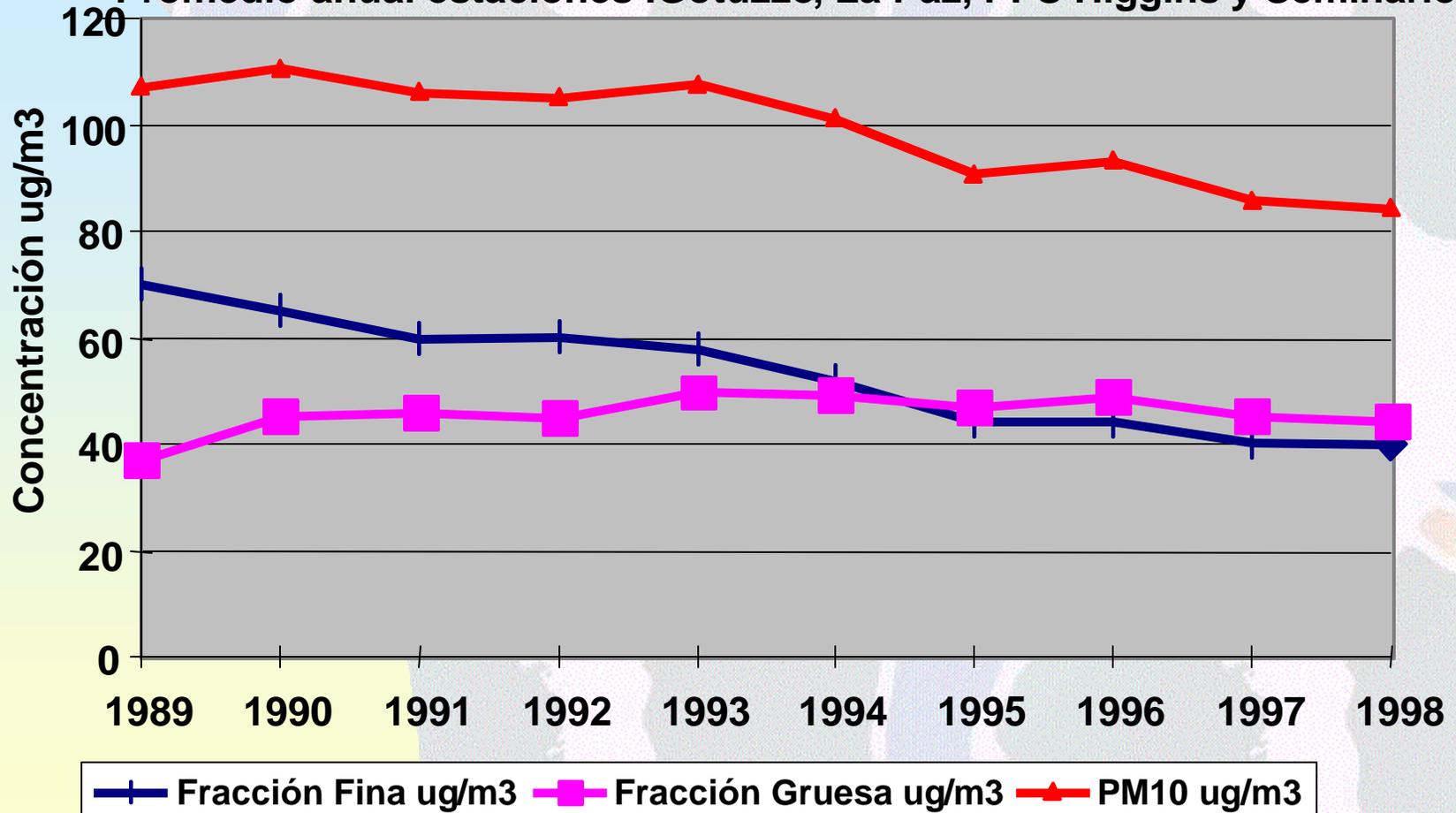
y tendencias en red histórica



Evolución de PM10: 1989-1998

Muestreadores dicotómicos Red MACAM Antigua

Promedio anual estaciones :Gotuzzo, La Paz, P. O'Higgins y Seminario.

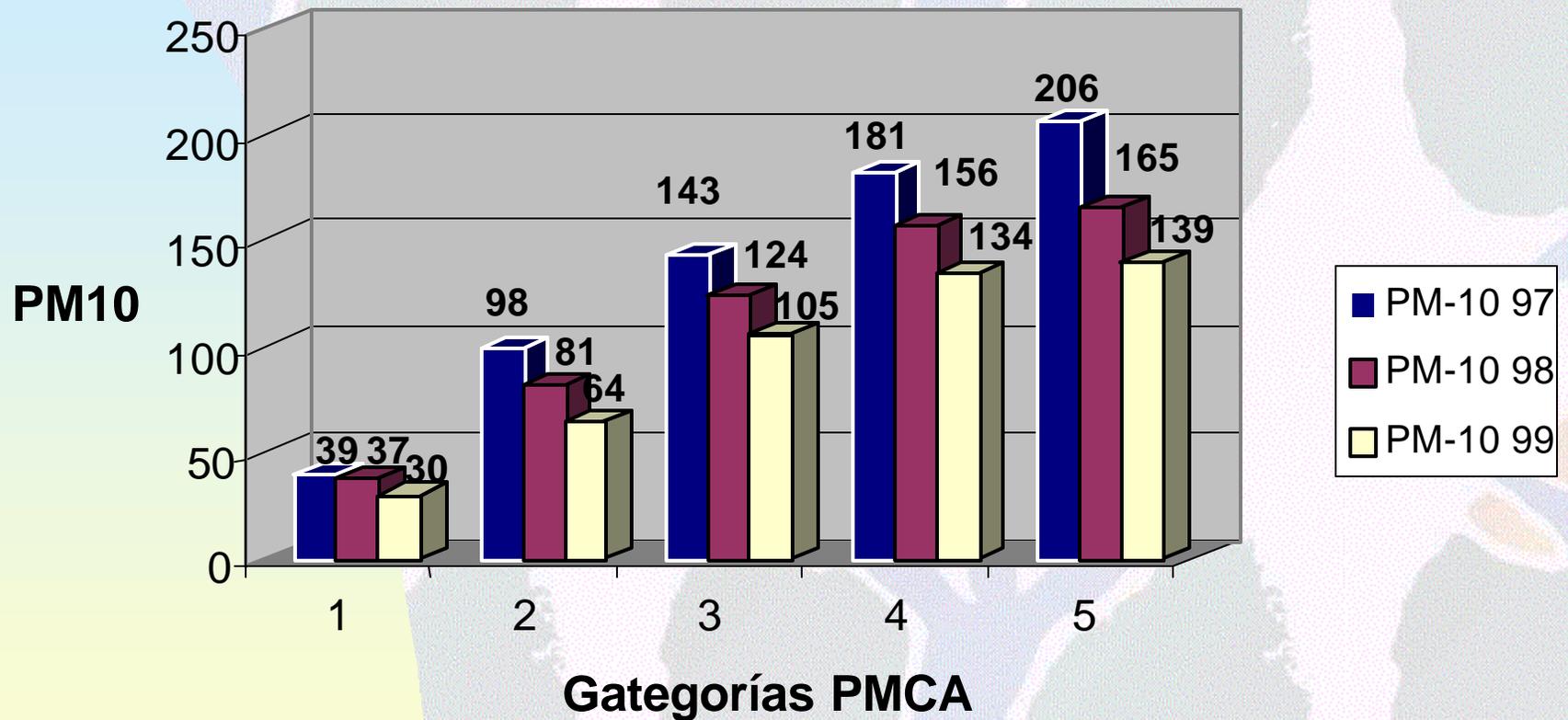


Comparación entre 1998 y 1999 superación de la norma de calidad de aire por material particulado (período 20 de marzo al 17 de septiembre)



Comparación de promedios de material particulado para distintas categorías meteorológicas

PMCA-PM10 (1997-1998-1999)



1 Bueno | 2 Bueno a Regular | 3 Regular | 4 Regular a Malo | 5 Malo





Los impactos en salud de las emisiones del transporte

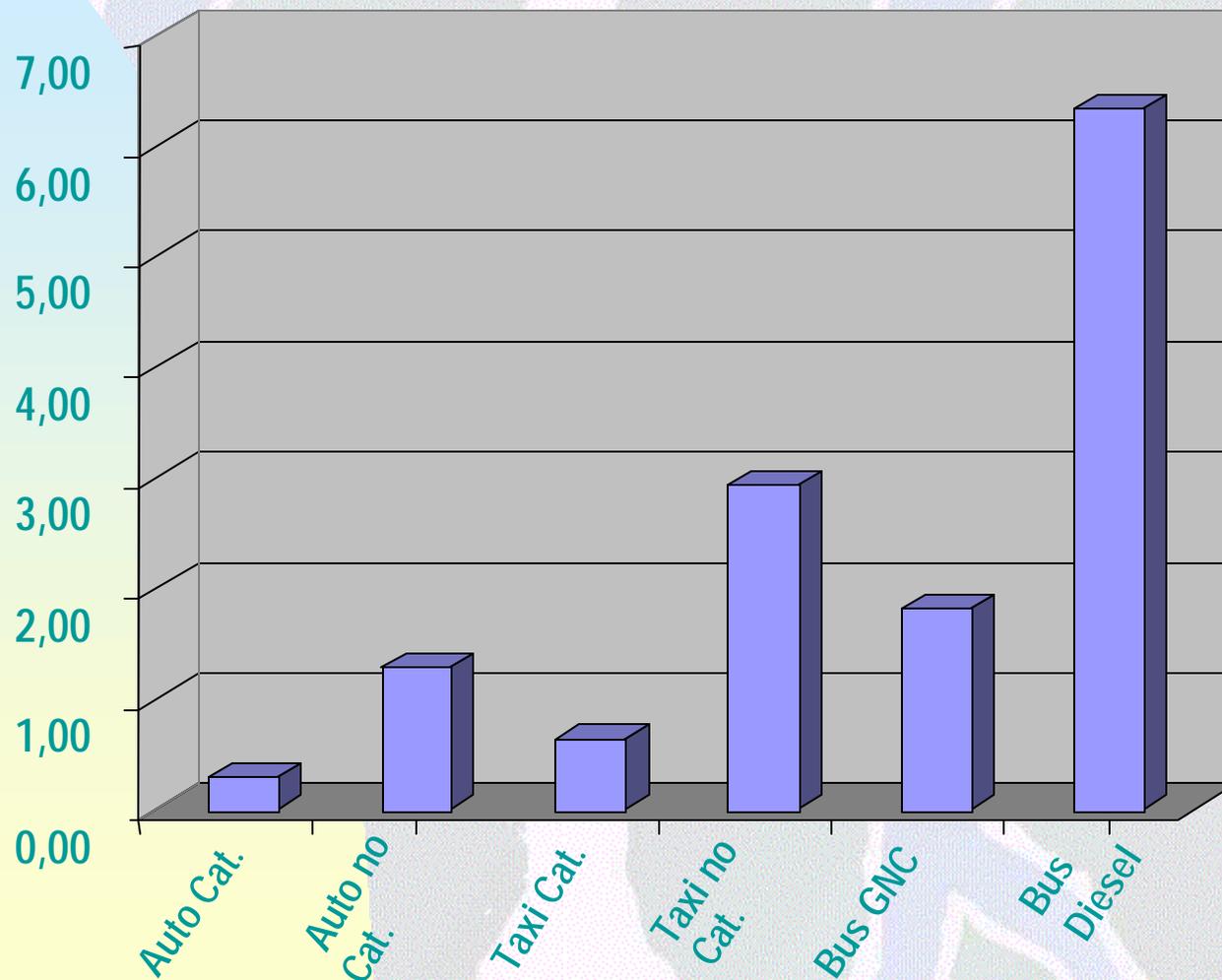


Daño Social por emisiones de contaminantes primarios (Millones \$/ton o \$/gr)

Contaminante Primario	Valor Medio	Intervalo de Confianza de 90%	
CO	0.0	0.0	0.0
HC	0.0	0.0	0.0
NOx	3.2	2.6	3.7
SO2	4.4	3.6	5.4
PM10	17.6	14.5	21.1
Polvo Resuspendido	0.7	0.1	1.3



Daño social anual por tipo de vehículo (en Millones \$/año)*

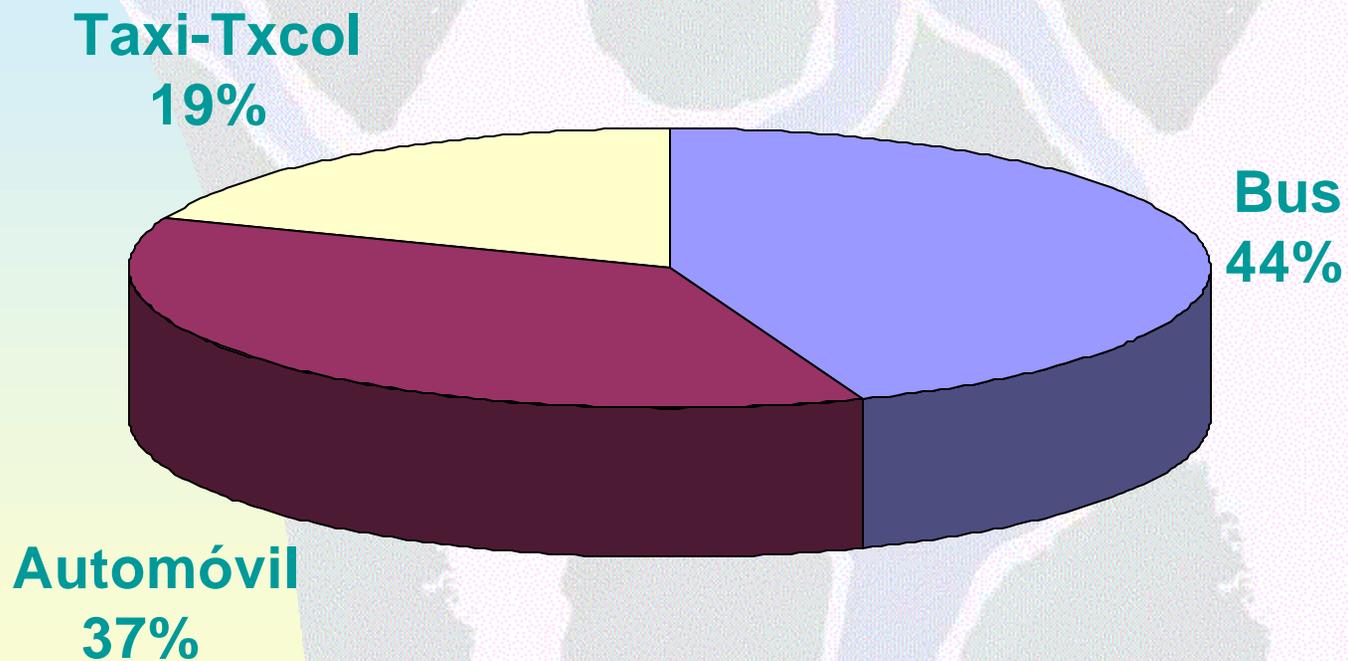


*Fuente: Estudios de incorporación de GNC en el TPU y de Instrumentos de gestión ambiental de transporte. CONAMA 1998



Costos Totales Anuales en Salud

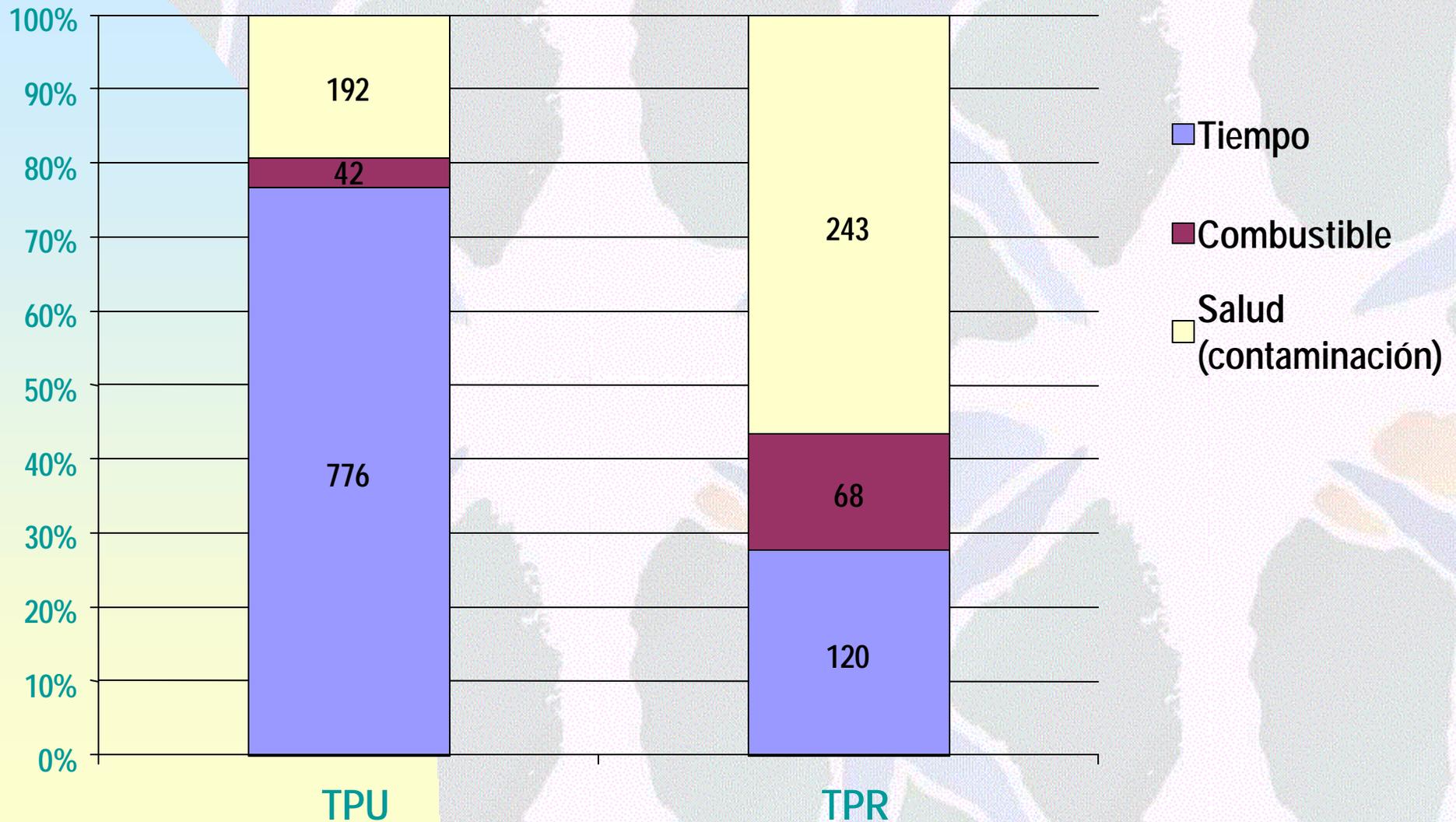
(Total: 222 mil millones de pesos)



*Fuente: Estudios de incorporación de GNC en el TPU y de Instrumentos de gestión ambiental de transporte. CONAMA 1998



Costos Sociales en transporte (mill US\$/año)*

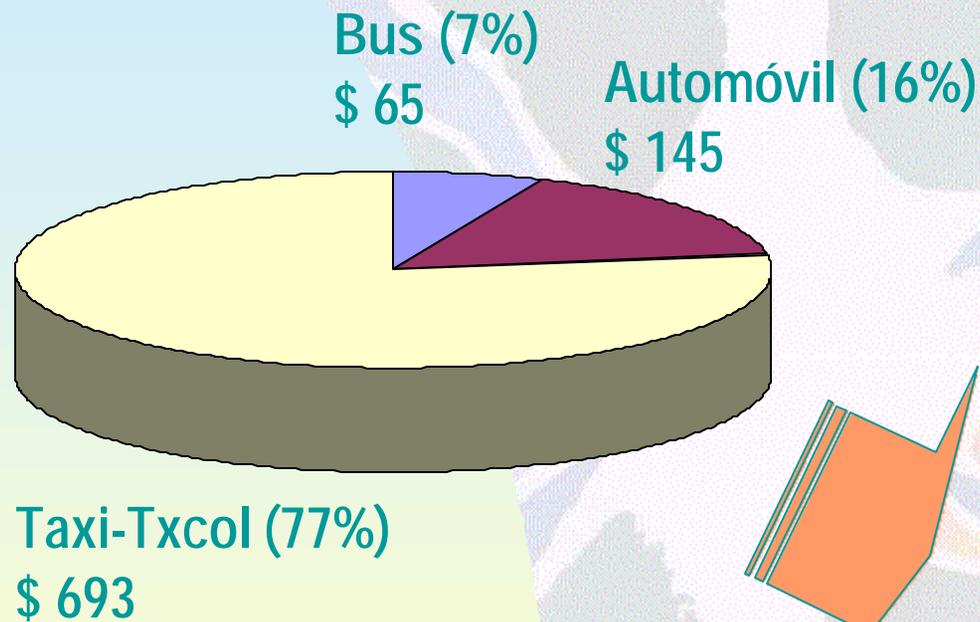


*Fuente: Estudios de incorporación de GNC en el TPU y de Instrumentos de gestión ambiental de transporte. CONAMA 1998. Plan de Desarrollo del STU 1995-2010. SECTRA

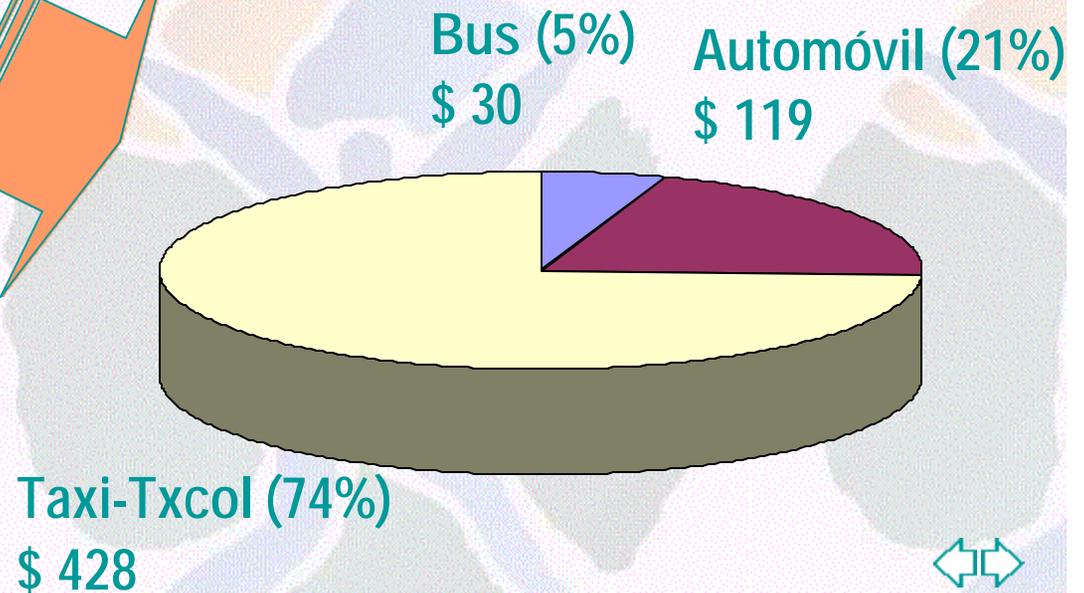


Costos en Salud por Pasajero Transportado (\$/pax)

Situación actual: 1997



Óptimo tecnológico: 2005



Se puede inferir que...

Las externalidades en el transporte por contaminación del aire:

- en el transporte privado tiene un mayor impacto relativo que en el transporte público
- no son superadas sólo con mejoras tecnológicas
- no han sido consideradas como variables de diseño relevantes del sistema
- deben ser internalizadas introduciendo mejoras operacionales además de las tecnológicas



Respecto del transporte público

- **Mantener una participación de un 60% del transporte público en los viajes diarios es clave para asegurar la operación del sistema de transportes**
- **Un sistema de transporte público de esta magnitud operando en diesel es inviable por los costos que representa en salud.**



Alternativas tecnológicas

- **Buses a gas natural**
- **Buses a gas licuado**
- **Buses con fuel cell**
- **Buses híbridos**
- **Buses eléctricos**



Programa Piloto de Buses a Gas Natural de la Ciudad de Santiago

■ Proveedores de Buses

- ◆ Mercedes Benz
- ◆ Volvo
- ◆ Scania
- ◆ Thomas - Cummins

■ Carroceros

- ◆ Metalpar
- ◆ Caio
- ◆ Ciferal
- ◆ Cuatro Ases
- ◆ Busscar



- **Proveedores de kits de conversión**
 - ◆ **Enviro Gas System**
 - ◆ **Alternative Fuel System**
- **Proveedores de Gas Natural**
 - ◆ **Metrogas**
- **Distribuidores de Combustibles**
 - ◆ **Shell**
 - ◆ **Copec**
- **Asociación Nacional Automotriz de Chile**



- **Empresas de Transporte Público**
 - **Asociación Gremial Metropolitana de Transporte de Pasajeros**
 - **Federación Nacional de Buses y Taxibuses**
- **Instituciones Públicas**
 - **Intendencia de la Región Metropolitana**
 - **Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones**
 - **Comisión Nacional del Medio Ambiente**



Buses a gas natural

- **Proveedores operando buses nuevos dedicados a gas natural en Santiago :**
 - ◆ Mercedes Benz con carrocería Metalpar
 - ◆ Mercedes Benz con carrocería CAIO
 - ◆ Volvo
 - ◆ Scania
 - ◆ Thomas



Resultados

- **Puesta en operación de 5 buses nuevos a GNC y 4 buses convertidos a GNC-diesel**
- **Seguimiento de las emisiones y de la operación durante un año mediante un estudio que determinó beneficios y costos, sociales y privados.**



COSTOS DE INVERSIÓN BUSES GNC

GNC	Costo (US\$)
Bus 1	153.000
Bus 2	144.078
Bus 3	138.000

Diesel	Costo (US\$)
Bus 1	115.000

- **Dolares, con IVA incluido**
- **Costos obtenidos de cotizaciones proporcionadas por proveedores de buses**



Costo de combustible

Pesos por kilometro

Tipo de bus	Precio (\$/lt o m3)	Precio (\$/km)
Diesel	155	88,54
GNC	115	80,27



Supuestos para cálculo de costos anualizados

- **Recorrido de 100.000 kms. anuales**
- **Vida útil de bus diesel: 12 años**
- **Vida útil de bus GNC: 14 años**
- **Ajuste de motor cada 400.000 kms.**
- **Tasa de descuento de 15% anual (tasa de credito para autobuses es 12%)**



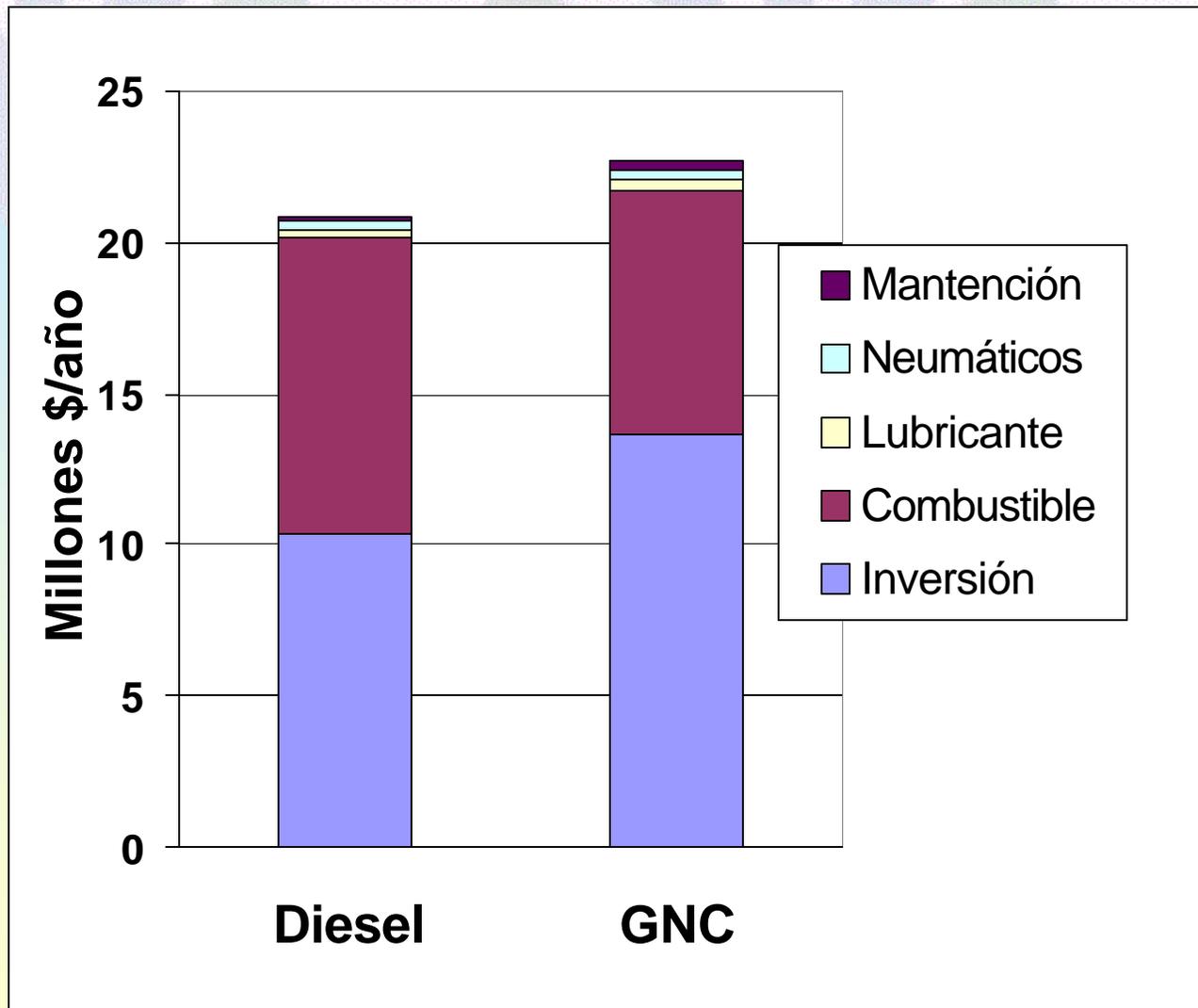
Resumen de Costos Anuales

Millones de pesos por año

Item	Diesel	GNC
Inversión	\$10.42	\$13.68
Combustible	\$8.87	\$8.03
Lubricante	\$0.25	\$0.35
Neumáticos	\$0.27	\$0.36
Mantenición	\$0.17	\$0.25
Total	\$19.98	\$22.67



Costos Privados Anuales



- Precios privados, precio medio de combustibles



Evaluacion Social

- **Se analizan el beneficio social de sustituir un bus antiguo con un bus GNC en lugar de un bus diesel**
- **Sustitución de 1, 100 o 1000 buses**
- **Se evalua el valor presente de los costos y beneficios para 12 años**
- **Se suponen dos años restantes de vida util para bus GNC (valor residual mayor)**
- **Tasa de descuento social de 12%**

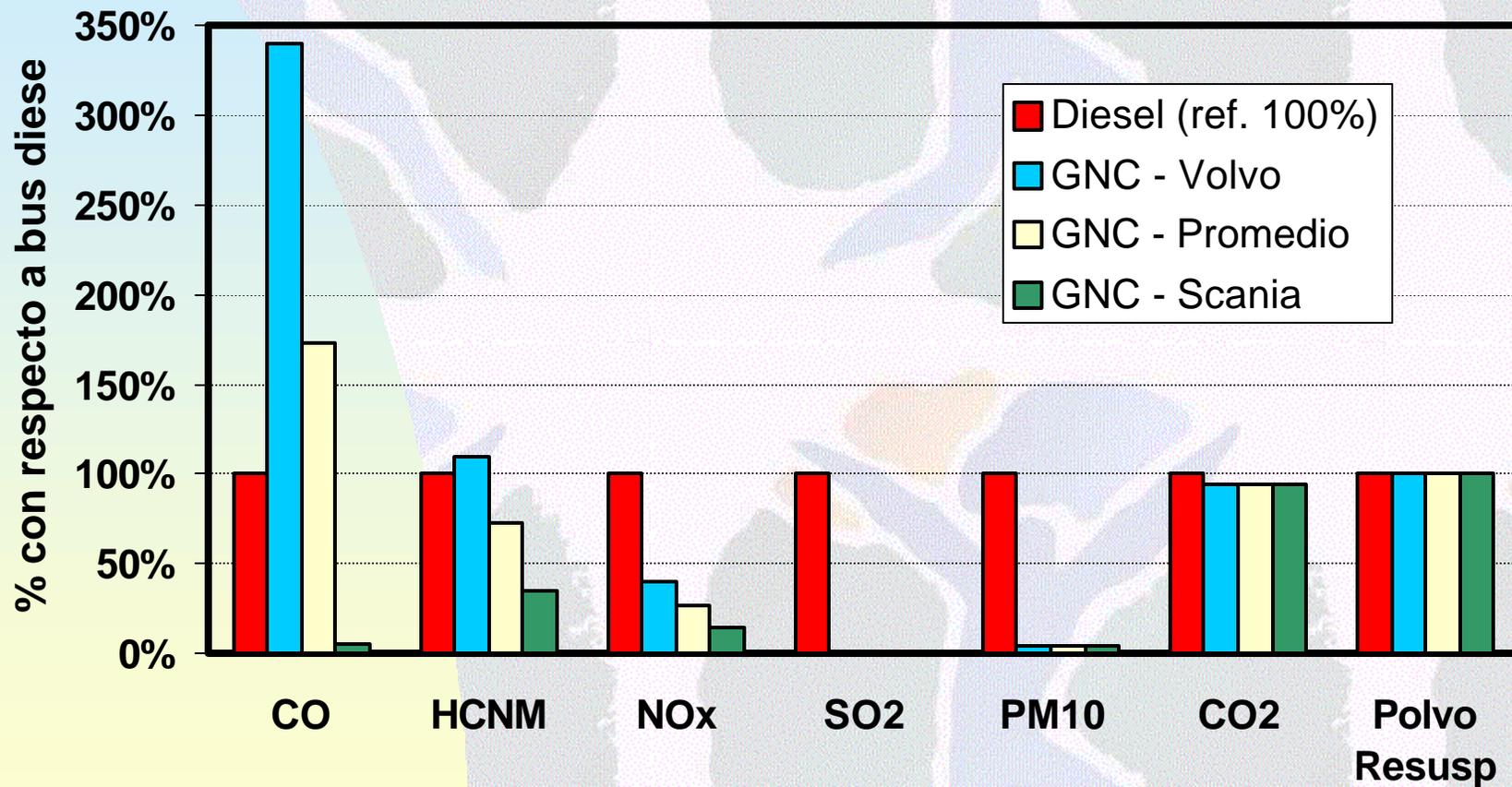


Beneficios Sociales Considerados

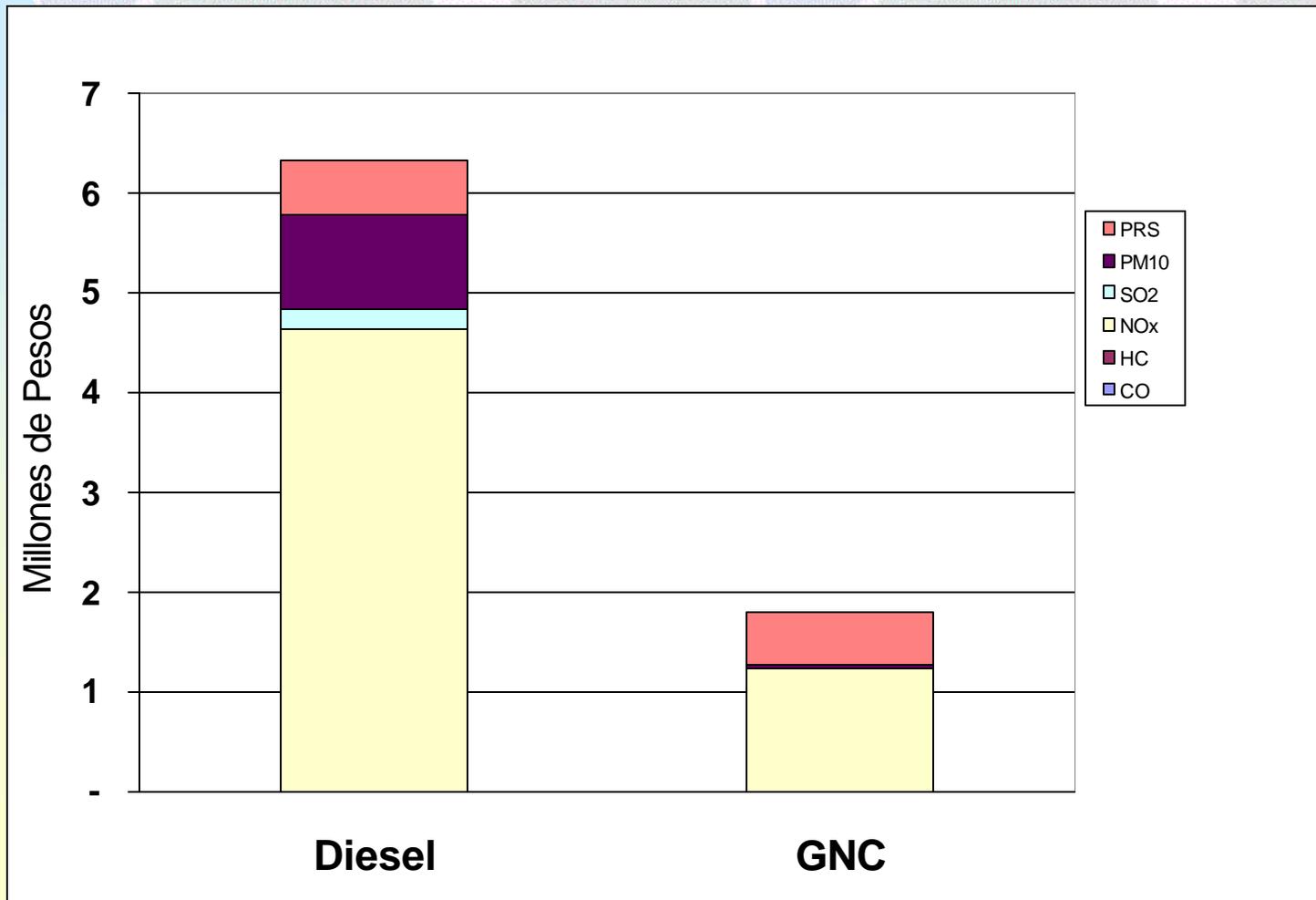
- **Efectos en la salud de la población**
 - ◆ **Cambio en concentraciones ambientales**
 - ◆ **Valorización según método de función de daño**
- **Disminución de emisiones de ruido**
 - ◆ **Exposición al ruido de los pasajeros**
 - ◆ **Exposición al ruido de la población**



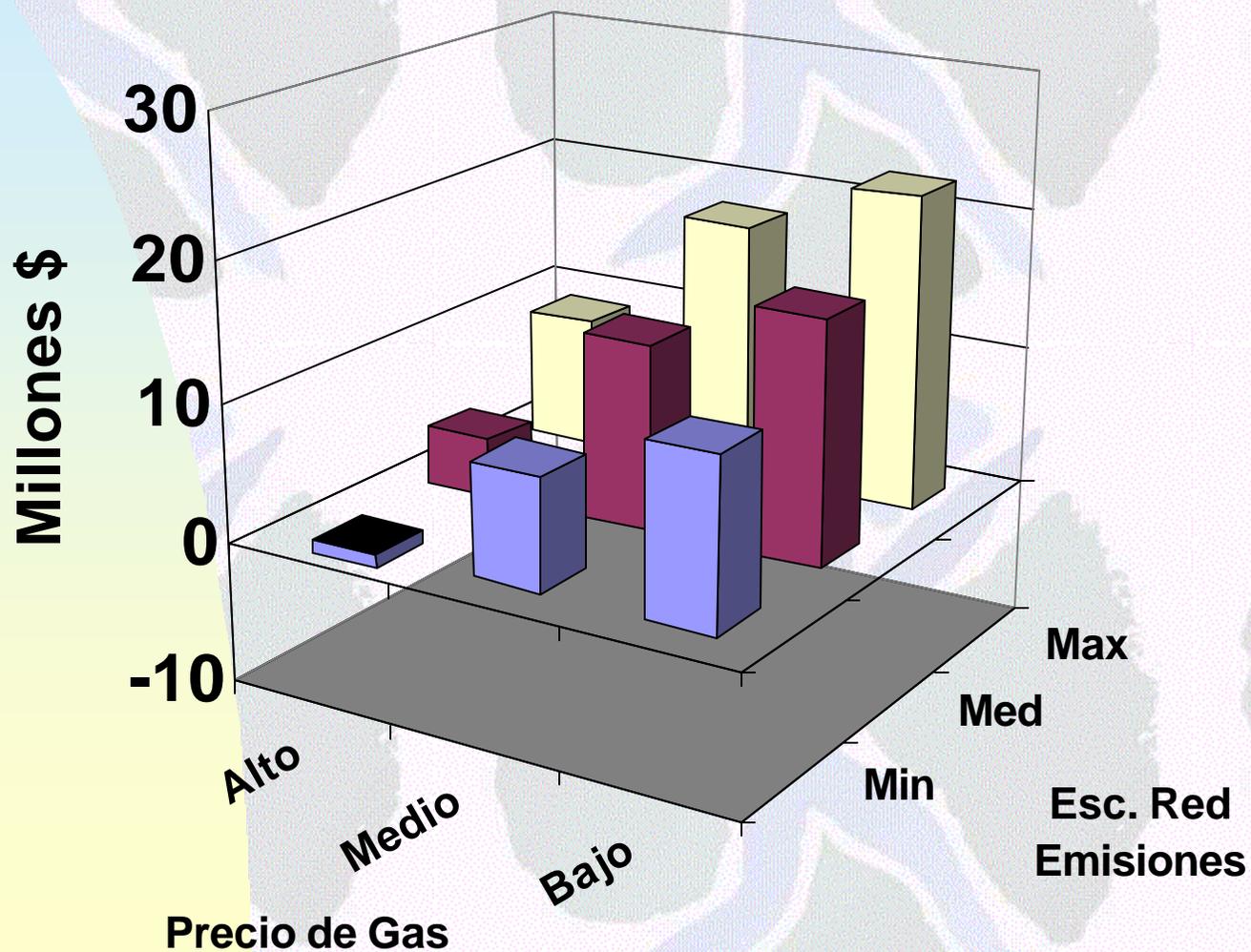
Reducción de emisiones con respecto a bus diesel EPA94



Daños Sociales por Efectos en Salud Millones de pesos por bus por año



VP de Costos y Beneficios Sociales



Conclusiones

- **La introducción de un bus GNC en lugar de un bus diesel tiene beneficios sociales netos importantes**
- **Sin embargo, los costos privados son mayores**
- **Es necesario:**
 - ◆ **Subsidiar la compra de los buses, o**
 - ◆ **Aumentar la tarifa**



Costo privado por pasajero

Pesos por pasajero

Precio Diesel	Precio del Gas		
	bajo	medio	alto
bajo	\$ 17.4	\$ 22.7	\$ 34.8
medio	\$ 13.4	\$ 18.7	\$ 30.8
alto	\$ 7.4	\$ 12.8	\$ 24.9

- Suponiendo 12.000 pasajeros por mes
- Basado en costos anualizados al 15%



Avances

- **Subsidio para buses a gas natural**
 - ◆ asignación de \$ 600 millones presupuesto 1999 del Gobierno Regional
 - ◆ Aprobación de ley para entrega de subsidio a servicios de transporte público
- **Nueva norma de emisión para buses de Santiago**
 - ◆ A partir de septiembre del año 2000 los buses nuevos deberán cumplir con una norma muy estricta para la emisión de partículas



- **Conversiones de buses usados**
 - ◆ **Programa piloto de mayor escala con 250 buses de transporte de personal**
- **Oferta de gas natural comprimido**
 - ◆ **Esta en proceso una licitación de la asociación gremial de transporte privado para la generación de nuevos puntos de venta de gas**

